

ГЕОЛОЖКИ ПРЕДПОСТАВКИ ЗА СЪХРАНЯВАНЕ НА ПРИРОДЕН ГАЗ ВЪВ ВОДОНОСНИ СТРУКТУРИ В ПАЛЕОГЕНСКИЯ РАЗРЕЗ ОТ ВАРНЕНСКАТА МОНОКЛИНАЛА И ДОЛНОКАМЧИЙСКОТО ПОНИЖЕНИЕ (ПРИНЦИПИ И МЕТОДИЧНИ ПОДХОДИ)

Васил Балинов, Мариана Дончева, Ефросима Занева-Добранова

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, София 1700; geoenergy@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Подземното съхраняване на природен газ във водоносни пластове представлява перспективен метод за условията на България. Прилагането му е свързано със значителни рискове, произтичащи от същността на метода – създаване на изкуствена газова акумулация, която да отговаря на определени критериални показатели, характерни за подземните газови хранилища. Тези показатели имат свои специфични особености и измерения при конкретни геоложки условия и при зададени технологични и технико-икономически показатели на потенциалните газови хранилища. В настоящата работа, на примера на палеогенските наслаги от източната част на Мизийската платформа (Варненската моноклинала и Долнокамчийското понижение) са представени основните принципи и методичните подходи при изучаване на възможностите и перспективите за изграждане на подземни хранилища. Разработени са основните принципи за оценка, анализ и обобщаване на информацията, които са основани на логиката на изследователския процес. За целите на комплексната оценка на потенциални обекти, които отговарят на разработените критериални показатели, са предложени класификационни схеми по няколко базови показатели: капацитивни възможности на потенциалния продуктивен хоризонт; степен на изученост и степен на подготвеност за опитно-промишлено нагнетяване.

GEOLOGICAL PRECONDITIONS FOR NATURAL GAS STORAGE IN WATER-BEARING STRUCTURES IN PALEOGENE IN THE VARNA MONOKLINALE AND THE DOLNA KAMCHIA DEPRESION (PRINCIPLES AND METHODIC APPROACHES)

Vassil Balinov, Mariana Doncheva, Efrosima Zaneva-Dobranova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700; geoenergy@mgu.bg

ABSTRACT. The underground storage of natural gas in water-bearing layers is a perspective method for the conditions of Bulgaria. Its applying is connected with significant risks resulting from the essence of the method – creating an artificial gas accumulation that corresponds to certain criteria parameters characteristic of the underground gas storages. This parameters show specific features and dimensions under concrete geological conditions and at given technological and technical-economical parameters of the potential gas storages. In the present work, the basic principles and the methodic approaches in studying the possibilities and the perspectives for building underground storages are presented after the example of the Paleogene deposits from the eastern part of the Moesian platform (Varna monocline and Dolna Kamchia depression). The basic principles of evaluation, analysis and generalization of the information are worked out. They are based on the logics of the investigation process. For the purposes of the complex evaluation of potential objects that correspond to the worked out criteria parameters, classification schemes based on several basic parameters are proposed: capacitive possibilities of the potential productive horizon; degree of studying and degree of preparation for empirical-industrial injection.

Въведение

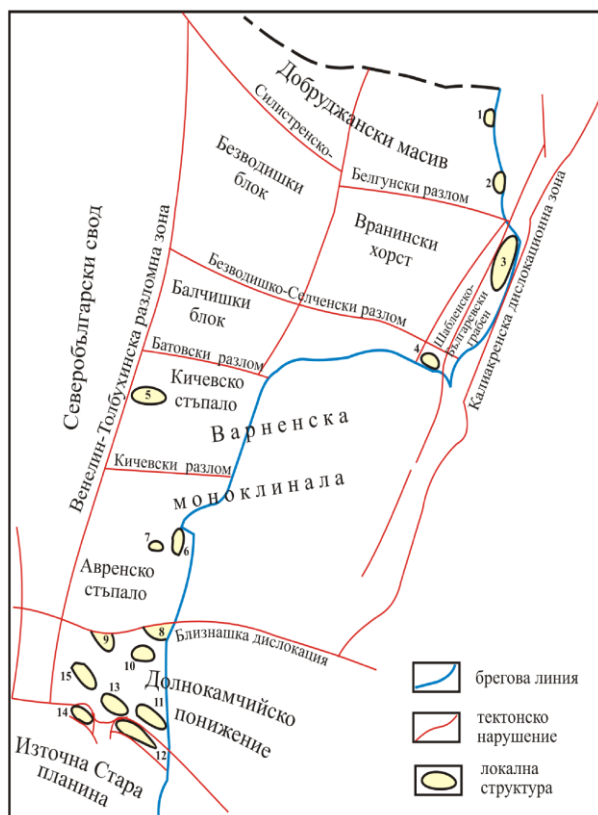
Проблемът за подземното съхраняване на природен газ, в условията на динамично развиващия се газов пазар, е изключително актуален. България заема стратегическо място в транзитния пренос за балканските, а в близка перспектива и за европейските страни. Това налага изграждането на нови хранилища у нас. В това отношение перспективен, за условията на нашата страна, е методът за съхраняване на природен газ във водоносни пластове.

В настоящата работа са изложени принципните постановки и методичните подходи, които са приложени за конкретен район от територията на България. Те са съобразени с логиката на изследователския процес, както

и със спецификата на геоложките условия, предполагащи избора на подходящи за целта природни капани. Следвайки тази логика, специално внимание се отделя на основните критериални показатели при избора на обектите за нагнетяване на газ. Те са съобразени с особеностите на методите за изграждане на ПГХ и геоложкия риск при създаването на изкуствени газови акумулации.

Получената на различни етапи от геологопроучвателните и изследователските работи информация е анализирана и оценена от гледна точка на поставените цели. Специалните изследвания са проведени на основата на съвременните представи за дълбочинния строеж на разглежданата територия, литостратиграфската подялба на терциерните наслаги и свързаните с тях резервоарни системи. Чрез съпоставяне на структурните планове по

определени стратиграфски нива, с дефинираните природни резервоари, са очертани локалните структури, към които са привързани природни капани от структурен тип (фиг. 1). Те представляват потенциални обекти за изграждане на ПГХ.



Фиг. 1. Тектонска схема и локални структури

На базата на приети критериални показатели е направен предварителен избор на възможно перспективни капани, а оценяваните локални структури са класифицирани по степен на перспективност. Окончателните оценки са извършени след детайлни изследвания на възможно перспективните капани. На основата на извършения сравнителен анализ изучаваните природни капани са класифицирани по степен на пригодност за съхраняване на природен газ, по капацитивни възможности и по степен на подготвеност за опитно-промишлено нагнетяване и изграждане на ПГХ.

Оценка на информацията

Използваната в настоящето изследване информация е получена в резултат на проведените в значителен интервал от време (50-55 години) геологопроучвателни, изследователски и обобщителни работи. Поради това тя се характеризира с различна степен на актуалност, представителност и детайлност; неравномерност по отношение на изучаваните обекти и др. Като илюстрация ще посочим няколко примера: 1) нееднозначна интерпретация на сеизмичните изследвания от различни автори; 2) отсъствие на достатъчен обем информация за тектонската нарушеност на локалните структури; 3) нееднозначност (често и противоречивост) на част от

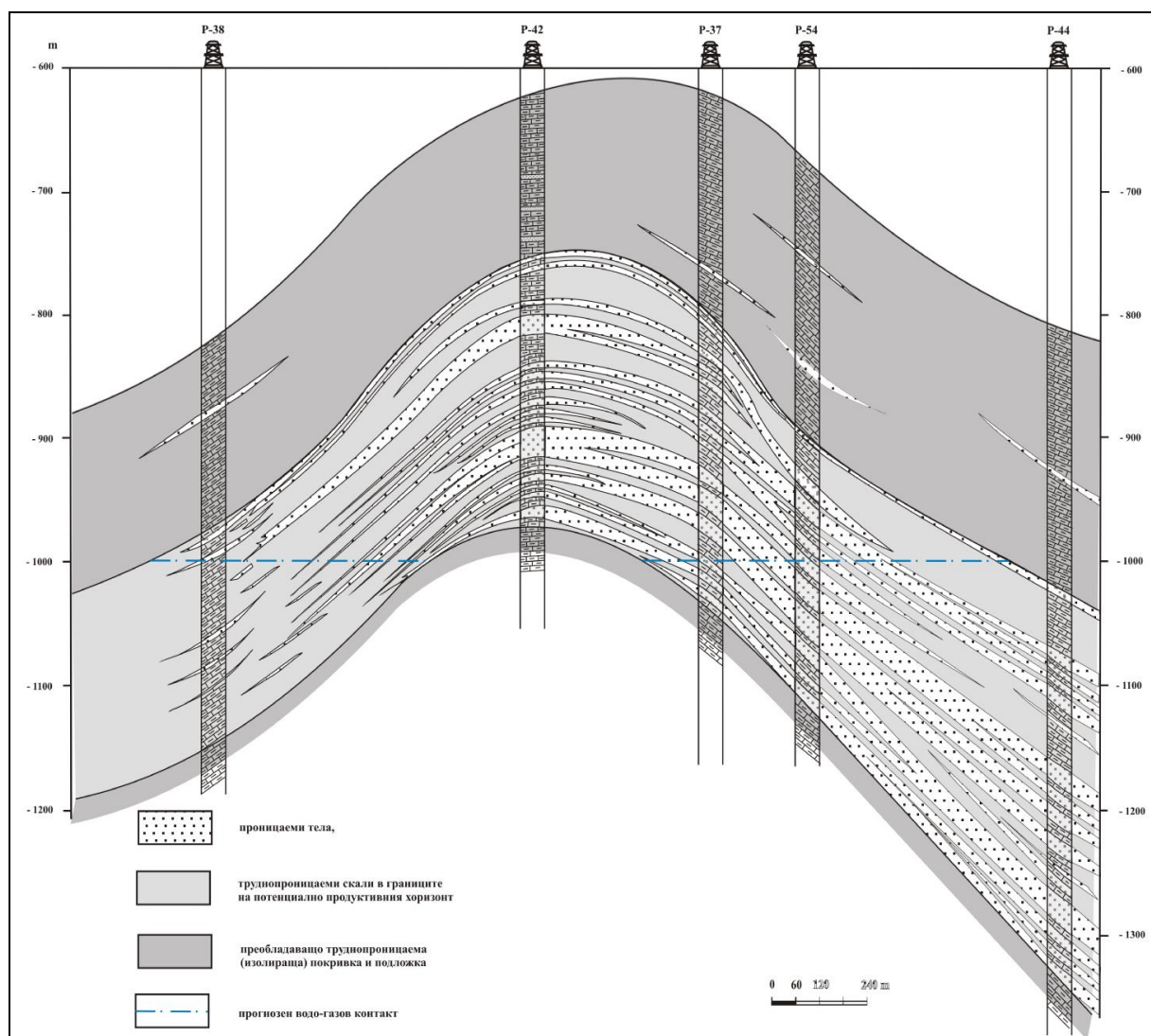
хидрогеоложката и хидрохимичната информация; 4) различна степен на изученост на локалните структури; 5) отсъствие или непредставителност на детайлните геофизични изследвания в по-голямата част от сондажите; 6) отсъствие или крайно недостатъчна информация за изолиращите свойства на покривките и др. Посочените обстоятелства налагат провеждането на значителен обем допълнителни изследвания, с използване на съществуващата и нова първична информация. Те се отнасят основно до реинтерпретация на електрометричните изследвания в сондажните разрези: актуализация на литоложкото разчленение на сондажните разрези и уточняване на хроно- и литостратиграфските граници; актуализация на литолого-физичното разчленение на сондажните разрези и уточняване поведението на дефинираните резервоарни системи (дебелини, площно развитие и пространствени взаимоотношения); изясняване на структурното положение на резервоарните системи; изучаване строежа на потенциалните продуктивни хоризонти и изолиращите ги покривки; оценка на порестостта и ефективните дебелини на потенциално продуктивните хоризонти и др.

На фиг. 2, в качеството на илюстрация, е показан строежът на потенциално продуктивен хоризонт от палеогенския разрез в Долнокамчийското понижение. Взаимоотношенията между проницаемите и труднопроницаемите скали са изяснени в резултат на проведеното детайлно литолого-физично разчленение на сондажните разрези.

Критериални показатели

Изборът на водоносни структури за съхраняване на природен газ е съобразен с известните в съвременната теория и практика изисквания (Ширковский, Задора, 1974; Правила, 1986; Ермилов и др., 1996; Study..., 1999; Казарян, 2006), произтичащи от същността на метода и от специфичните геоложки особености на изучаваната територия. По същество методът се свежда до създаването на изкуствени акумулации, чрез нагнетяване на природен газ от магистралния газопровод във водоносни пластове. Образуваният газов залеж се оборудва за циклична експлоатация (добив и нагнетяване). Това определя спецификата по отношение на критериите за избор на подходящи обекти, в сравнение с естествените въглеводородни акумулации. Те могат да бъдат отнесени към две групи. Първата обхваща основните предпоставки, свързани с възможностите за формиране на промишлени газови акумулации. Втората група критерии са аналогични или близки до използваните при избора на подходящи обекти, свързани с изтощени или намиращи се в експлоатация находища.

Към **първата група** се отнасят: а) наличието на природни капани, способни да акумулират промишлени количества природен газ; б) типът на капаните; в) хидрогеоложките условия.



Фиг. 2. Строеж на потенциално продуктивен хоризонт, привързан към локална структура в палеогенския разрез от Долнокамчийското понижение

Наличието на подходящи *природни капани* в изучаваните седиментни разрези се определя от геоложките условия: присъствие на проницаеми и труднопроницаеми скали с благоприятни колекторни и изолиращи качества; благоприятни пространствени взаимоотношения между колекторните и изолиращите скали, обезпечаващи формирането на резервоарни системи; благоприятни структурно-тектонски условия, обуславящи формирането на природни капани; благоприятно съчетание на геоложките условия, обуславящи херметичност на природните капани.

Възможностите за акумулиране на промишлени количества газ се определят от: геометрията на природните капани; строежа и физичните свойства на колекторните скали и възможностите за реализиране на необходимите налягания на нагнетяване на газа, превишаващи хидростатичното налягане.

Посочените показатели определят в значителна степен възможният ефективен обем на потенциалните продуктивни хоризонти, обемите на съхранявания газ и производителността на експлоатационните сондажи. Промислената характеристика на потенциалните газове

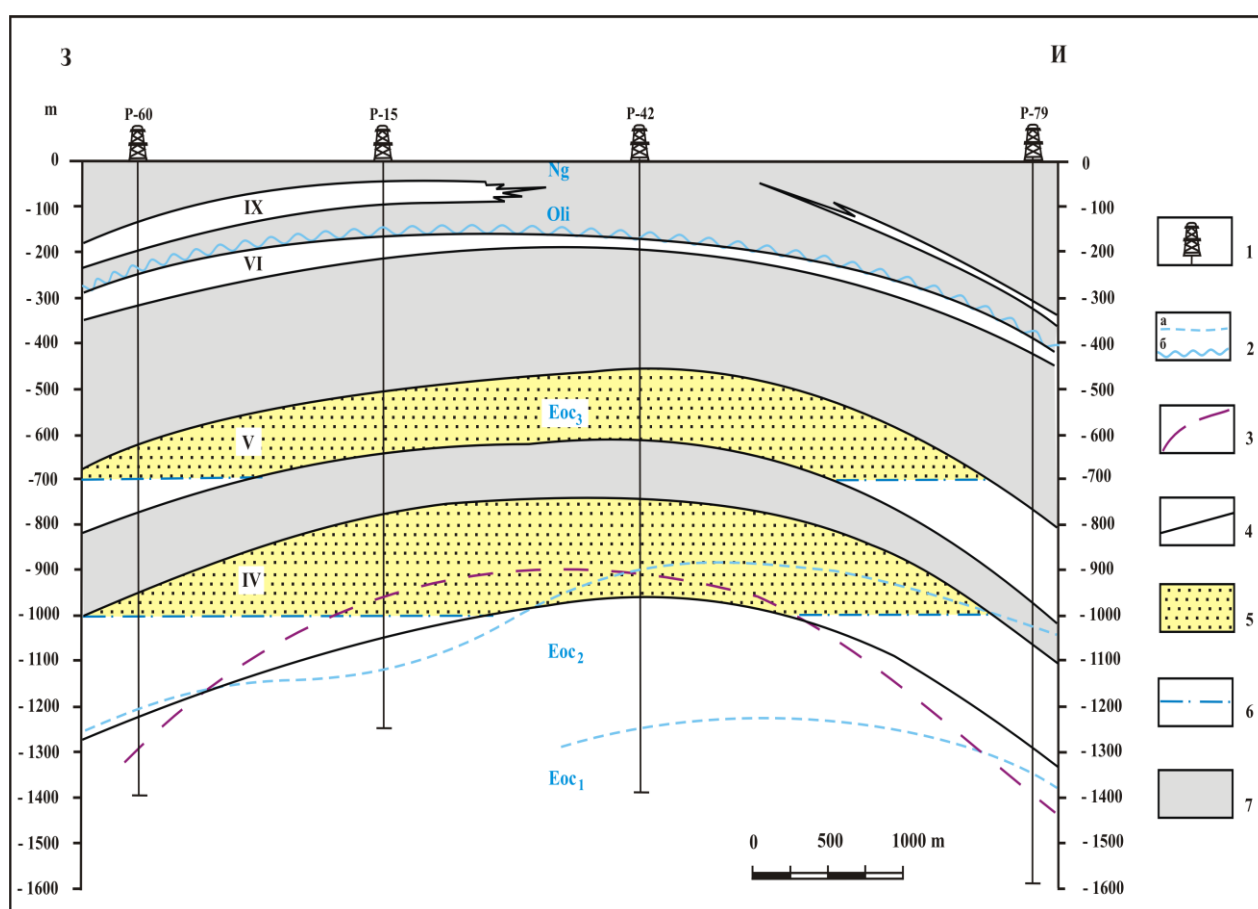
аккумуляции зависи, също така, от условията на тяхната реализация (при закрыта или открита водонапорна система).

Изборът на подходящ *тип природни капани* е свързан основно със значителния риск при изграждането на ПГХ във водоносни пластовете. Поради това този риск трябва да бъде възможно най-малък. Такива възможности се очертават при природните капани, чиито характеристики подлежат на прогнозиране при геологопроучвателните работи. Такива са класическите капани от структурен тип, привързани към позитивни структури, при отсъствие на тектонска нарушеност. Отклоненията от тези условия и особено наличието на тектонски нарушения поставят под съмнение херметичността на капаните и увеличават геоложкия риск. В още по-голяма степен това важи за капаните от неструктурен тип (стратиграфски, литоложки ограничени, комбинирани), които не подлежат на реални прогнозни оценки, относно възможностите за съхраняване на природен газ в тях. Поради това, в настоящето изследване, обект на оценки са природните капани от структурен тип.

Хидрогеоложките условия на локалните структури и свързаните с тях природни капани играят важна роля при тяхната оценка като потенциални обекти за съхраняване на природен газ. Освен от гледна точка на условията и възможностите за формиране и съхраняване на газови акумулации тази роля е важна и при обосновката и избора на метод за изграждане на ПГХ. В условията на отворена в хидродинамично отношение водонапорна система, формирането на газови акумулации се осъществява за сметка на изтласкването на водата към местата на дрениране (разтоварване). При тези условия експлоатацията на потенциалните ПГХ се извършва при водонапорен режим. При затворена в хидродинамично отношение водонапорна система, формирането на газови акумулации се осъществява за сметка на еластичните свойства на пластовата система. При тези условия бъдещите ПГХ се експлоатират при еластичен или еластично-водонапорен режим. В зависимост от

конкретните геоложки условия формирането на газови акумулации, при затворени водонапорни системи, може да се реализира и чрез дрениране посредством сондажи, разположени извън контурите на природния капан.

В условията на изключително сложния геоложки строеж на палеогенските наслаги в изучаваната територия, най-често посочените геоложки предпоставки за изграждане на ПГХ във водоносни пластовете, не се намират в особено благоприятни съчетания. Независимо от това могат да бъдат набелязани редица, различаващи се по степен на пригодност структури и свързани с тях природни капани, които представляват определен интерес. Като илюстрация на фиг. 3 са показани възможно перспективни природни капани привързани към локална структура в палеогенския разрез от Долнокамчийското понижение.



Фиг. 3. Перспективни природни капани, привързани към локална структура в палеогенския разрез от Долнокамчийското понижение (1-сондаж; 2-стратиграфска граница; а-нормална; б-размивна; 3-граница между Еос2-Еос3; 4-граница между преобладаващо проницаемо и труднопроницаемо тяло; 5-потенциална газова акумулация; 6-прогнозен водо-газов контакт; 7-преобладаващо труднопроницаемо литолого-физично тяло)

По степен на перспективност, от гледна точка на присъствие в седиментния разрез на природни капани, отговарящи на основните изисквания и критериалните показатели за съхраняване на природен газ, локалните структури са класифицирани по следната схема:

1) перспективни: с присъствие в разреза на един или повече подходящи природни капани, разкрити с достатъчен брой сондажи;

2) възможно перспективни: с възможно присъствие в разреза на един или повече подходящи природни капани, разкрити с единични сондажи;

3) с неизяснена перспективност: установени по сеизмични данни и при наличието на геоложки предпоставки за присъствие на подходящи природни капани;

4) безперспективни: с доказано по сондажни данни или по геоложки съображения отсъствие на подходящи природни капани.

Към **втората група** предпоставки за избор на подходящи водоносни структури за съхраняване на природен газ се отнасят: а) мащабите на потенциалните ПГХ; б) географското положение на водоносните структури; в) дълбочината на природните капани; г) очакваната продуктивна характеристика на потенциалните ПГХ; д) възможностите за използване на съществуващите проучвателни сондажи при изграждането на ПГХ.

Мащабите на потенциалните газови залежи, (ПГХ), се определят от характеристиката на природните капани: геометрията на капана; възможното най-ниско ниво на водо-газовия контакт; метода за формиране на газовата акумулация; ефективния капацитивен потенциал на колекторното тяло; съотношението между активния и буферния газ и др. Те трябва да отговарят на потребностите на потребителите и да удовлетворяват определени технико-икономически изисквания.

От гледна точка на потенциалните капацитивни възможности (прогнозни обем на газа) природните капани са класифицирани по следната схема:

1. Перспективни: а) с високи капацитивни възможности: прогнозен обем над 2.10^9 m^3 ; б) с относително високи капацитивни възможности: прогнозен обем от 1.10^9 до 2.10^9 m^3 ; в) със средни капацитивни възможности: прогнозен обем от 500.10^6 до 1.10^9 m^3 ; г) с ниски капацитивни възможности: прогнозен обем от 100.10^6 до 500.10^6 m^3 .

2. Безперспективни: с много ниски капацитивни възможности (прогнозен обем под 100.10^6 m^3).

Предложената класификационна схема е валидна за условията на България и е съобразена със: специфичните геоложки особености на резервоарните системи и природните капани в палеогенския разрез от изучаваната територия; същността на метода за съхраняване на природен газ във водоносни пластове; състоянието на газовия пазар в България; потребностите на доставчиците на природен газ и др.

Географското положение на потенциалните ПГХ, спрямо газопреносната мрежа и центровете за потребление на природен газ, е важен критерий при избора на подходящи водоносни структури. Наред с други показатели, отдалечеността на ПГХ от тях влияе съществено върху технико-икономическите показатели. *Дълбочината* на потенциалните ПГХ също така влияе съществено върху технико-икономическите показатели. За оптимален се смята дълбочинен интервал 400-700 m, но в зависимост от конкретните условия той може да достигне 2000 m и повече.

Прогнозните оценки на *дебитите* и *производителността* на сондажите се извършват на базата на изследванията на сондажи, разкрили водоносните хоризонти.

Като се има предвид обаче времето на провеждане на сондажните работи може да се смята, че *наличният сондажен фонд* (в някои случаи крайно ограничен) е в недобро техническо състояние.

Прогнозни показатели

Основните прогнозни показатели, необходими при оценката на перспективните локални структури и природни капани и за целите на проектирането на опитно-промишленото нагнетяване, са свързани с:

1) характеристиката на структурата и капана: тип; местоположение и дълбочина; геометрия; възможна тектонска нарушеност.

2) геометрията на бъдещата газова акумулация: възможно най-ниското хипсометрично положение на ВГК; тип на залежа; височина на акумулацията; площ на залежа; средна дебелина на продуктивния хоризонт (обща и ефективна); обем на залежа (общ и ефективен); обем на празнините (общ и ефективен).

3) литолого-физичната характеристика на колекторното тяло (продуктивния хоризонт): строеж и литоложки особености; тип на колектора; физични показатели (порестост, проникваемост, остатъчна водонаситеност, обемна еластичност и др.).

4) изолиращата характеристика на покривката и подложката: строеж и литоложки особености; дебелина; възможна напуканост; физични показатели (структура на порните канали и порометрични показатели, дифузионна проникваемост, налягане на пробива).

5) хидрогеоложката характеристика на локалните структури и природните капани: статично ниво на водата в сондажите; начално хидростатично налягане на водоносните хоризонти; филтрационни показатели и продуктивна характеристика на водоносните пластове (хидропроводност, пиезопроводност, коефициент на продуктивност и др.); степен на изолираност (съобщаемост) на водоносните хоризонти и възможности за дрениране; йонно-солеви състав на водите; газонаситеност на подземните води и състав на разтворения газ; физични свойства на водата (плътност, вискозитет, обемна еластичност); термобарична характеристика (по водата).

6) устойчивостта на призабойната зона на сондажите (физико-механичните свойства на продуктивния хоризонт);

7) енергетична характеристика на потенциалната газова акумулация (начално пластово налягане, превишаващо налягане, режим);

8) мащабите на потенциалната газова акумулация (ПГХ) – обем на газа.

За изследваните локални структури и природни капани разгледаните качествени и количествени прогнозни показатели имат различна представителност, произтичаща от различните обеми на сондажната информация. За всеки перспективен природен капан тя е оценена от гледна точка на нейната достатъчност за целите на проектирането.

По степен на подготвеност за опитно-промишлено нагнетяване на природен газ и проектиране на ПГХ перспективните природни капани са класифицирани по следната схема:

1) с много висока степен на подготвеност: при наличие на достатъчен обем информация за проектиране;

2) с висока степен на подготвеност: при наличие на значителен обем информация. За проектиране е необходима уточняваща информация;

3) със средна степен на подготвеност: при наличие на недостатъчен обем информация. За проектиране е необходима допълнителна информация в значителен обем;

4) с ниска степен на подготвеност: при отсъствие на значителен обем информация. За проектиране е необходима нова информация от допълнителни геологопроучвателни дейности.

Заклучение

Предложените принципни постановки и методични подходи са приложени при изясняване на възможностите и перспективите за съхраняване на природен газ във водоносни пластове в терциерния разрез на Варненската моноклинала и Долнокамчийското понижение. От

изследваните 15 локални структури и 19 природни капани, като перспективни за изграждане на ПГХ са оценени 8 обекта. Те се характеризират с различна степен на перспективност, от гледна точка на техните капацитивни възможности, степента на изученост и подготвеността им за проектиране. За всеки от тях са направени препоръки за необходимия обем изследователски работи.

Литература

- Ермилов, О. М., В. В. Ремизов, А. И. Ширковский, Л. С. Чугунов. 1996. *Физика пласта, добыча и подземное хранение газа*. М., Наука, 539 с.
- Казарян, В. А. 2006. *Подземное хранение газов и жидкостей*. М., Ижевск, 426 с.
- Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в пористых пластах*. 1986. М., 45 с.
- Ширковский, А. И., Г. И. Задора. 1974. *Добыча и подземное хранение газа*. 1974. М., Недра, 191 с.
- Study on Underground Gas Storage in Europe and Central Asia*. 1999. Union Nations, New York and Geneva.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми", ГПФ